

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JPO  
09/800887  
03/08/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

2000年 3月 8日

出願番号  
Application Number:

特願2000-063852

願 人  
Applicant(s):

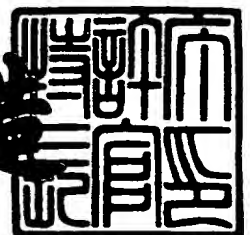
トヨタ自動車株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2000年11月17日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願

【整理番号】 TY1-4508

【提出日】 平成12年 3月 8日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01M 8/04

【発明の名称】 燃料電池システムおよび燃料電池の運転方法

【請求項の数】 15

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社  
内

    【氏名】 佐野 誠治

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社  
内

    【氏名】 濱田 仁

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社  
内

    【氏名】 津兼 堂秀

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社  
内

    【氏名】 松本 信一

【特許出願人】

    【識別番号】 000003207

    【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100075258

    【弁理士】

【氏名又は名称】 吉田 研二

【電話番号】 0422-21-2340

【選任した代理人】

【識別番号】 100081503

【弁理士】

【氏名又は名称】 金山 敏彦

【電話番号】 0422-21-2340

【選任した代理人】

【識別番号】 100096976

【弁理士】

【氏名又は名称】 石田 純

【電話番号】 0422-21-2340

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008268

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 燃料電池システムおよび燃料電池の運転方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 固体高分子型の燃料電池システムであって、  
前記燃料電池で生成される生成水量を検出する生成水量検出手段と、  
前記燃料電池の排ガス中の飽和水蒸気量を検出する排ガス飽和水蒸気量検出手段と、

前記生成水量検出手段により検出された生成水量の前記排ガス飽和水蒸気量検出手段により検出された排ガス中の飽和水蒸気量に対する比としての水量制御比を演算する水量制御比演算手段と、

該演算された水量制御比が所定範囲内となるよう前記燃料電池の運転を制御する運転制御手段と

を備える燃料電池システム。

【請求項 2】 前記生成水量検出手段は、前記燃料電池の出力電流に基づいて前記生成水量を検出する手段である請求項 1 記載の燃料電池システム。

【請求項 3】 前記排ガス飽和水蒸気量検出手段は、前記排ガスの圧力を検出する排ガス圧力検出手段と、前記排ガスの温度を検出する排ガス温度検出手段と、前記排ガスの流量を検出する排ガス流量検出手段とを備え、該検出された排ガスの圧力と温度と流量とに基づく演算により前記排ガス中の飽和水蒸気量を検出する手段である請求項 1 または 2 記載の燃料電池システム。

【請求項 4】 固体高分子型の燃料電池システムであって、  
前記燃料電池の排ガスの相対湿度を検出する排ガス相対湿度検出手段と、  
該検出された相対湿度を水量制御比として所定範囲内となるよう前記燃料電池の運転を制御する運転制御手段と

を備える燃料電池システム。

【請求項 5】 前記運転制御手段は、前記水量制御比が前記所定範囲として値 1 を含む範囲内となるよう制御する手段である請求項 1 ないし 4 いずれか記載の燃料電池システム。

【請求項 6】 前記運転制御手段は、前記水量制御比が前記所定範囲として

0. 7 ~ 1. 4 の範囲内となるよう制御する手段である請求項 5 記載の燃料電池システム。

【請求項 7】 前記運転制御手段は、前記水量制御比が値 1 となるよう制御する手段である請求項 5 または 6 記載の燃料電池システム。

【請求項 8】 請求項 1 ないし 7 いずれか記載の燃料電池システムであって

前記燃料電池の運転状態として、前記排ガスの流量、前記排ガスの圧力、前記排ガスの温度、前記燃料電池の出力電流の少なくとも一つの状態を変更する状態変更手段を備え、

前記運転制御手段は、前記排ガスの流量、前記排ガスの圧力、前記排ガスの温度、前記燃料電池の出力電流の少なくとも一つの状態の変更して前記水量制御比が所定範囲内となるよう前記状態変更手段を制御する手段である

燃料電池システム。

【請求項 9】 固体高分子型の燃料電池システムであって、

前記燃料電池で生成される生成水量を検出する生成水量検出手段と、

前記燃料電池の排ガス中の水蒸気量を検出する排ガス水蒸気量検出手段と、

前記生成水量検出手段により検出された生成水量と前記排ガス水蒸気量検出手段により検出された排ガス中の水蒸気量とに基づいてシステムの異常を判定する異常判定手段と

を備える燃料電池システム。

【請求項 10】 前記異常判定手段は、前記検出された生成水量と前記排ガス中の水蒸気量との偏差が所定範囲内にないときに異常と判定する手段である請求項 9 記載の燃料電池システム。

【請求項 11】 前記異常判定手段が異常と判定したとき、警報を出力する警報出力手段を備える請求項 9 または 10 記載の燃料電池システム。

【請求項 12】 固体高分子型の燃料電池の運転方法であって、

前記燃料電池で生成される生成水量の該燃料電池の排ガス中の飽和水蒸気量に対する比としての水量制御比が所定範囲内となるよう該燃料電池の運転を制御する

燃料電池の運転方法。

【請求項 1 3】 固体高分子型の燃料電池の運転方法であって、  
前記燃料電池の排ガスの相対湿度を水量制御比として所定範囲内となるよう該  
燃料電池の運転を制御する

燃料電池の運転方法。

【請求項 1 4】 前記水量制御比が 0. 7 ～ 1. 4 の範囲内となるよう制御  
する請求項 1 2 または 1 3 記載の燃料電池の運転方法。

【請求項 1 5】 前記水量制御比が値 1 となるよう制御する請求項 1 4 記載  
の燃料電池の運転方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、燃料電池システムおよび燃料電池の運転方法に関し、詳しくは、固体高分子型の燃料電池システムおよび固体高分子型の燃料電池の運転方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、この種の燃料電池システムとしては、運転温度を約 7 0 ℃ に制御することによりカソード側の加湿装置を不要とするものが提案されている（特開平 1 1 - 3 1 5 2 0）。固体高分子型の燃料電池では、湿潤状態で良好なプロトン伝導性を有する固体高分子電解質膜を用いる場合が多く、固体高分子電解質膜の水分濃度が直接的に燃料電池の性能に影響を与える。このため、燃料電池に供給されるアノードガスやカソードガスを加湿装置により加湿する場合が多い。上述の燃料電池システムでは、燃料電池を 5 0 ～ 8 0 ℃ 好ましくは 6 0 ～ 7 0 ℃ の温度で運転することによりカソード側の加湿装置を不要としている。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述の燃料電池システムでは、カソード側の加湿装置は不要でもアノード側には加湿装置が必要であるから、システムのコンパクト化や低コス

ト化を十分に図ることができない。また、上述のシステムでは燃料電池を 5 0 ～ 8 0 ℃ 好ましくは 6 0 ～ 7 0 ℃ の温度で運転する必要があるから、システムの始動時や過渡時などのように、その温度範囲で運転できないときには対応できない。

【 0 0 0 4 】

本発明の燃料電池システムおよび燃料電池の運転方法は、カソード側のみならずアノード側の加湿装置を不要とすることを目的の一つとする。また、本発明の燃料電池システムおよび燃料電池の運転方法は、システムの始動時や過渡時でも無加湿で燃料電池を運転することを目的の一つとする。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】

本発明の燃料電池システムおよび燃料電池の運転方法は、上述の目的の少なくとも一部を達成するために以下の手段を採った。

【 0 0 0 6 】

本発明の第 1 の燃料電池システムは、  
固体高分子型の燃料電池システムであって、  
前記燃料電池で生成される生成水量を検出する生成水量検出手段と、  
前記燃料電池の排ガス中の飽和水蒸気量を検出する排ガス飽和水蒸気量検出手段と、

前記生成水量検出手段により検出された生成水量の前記排ガス飽和水蒸気量検出手段により検出された排ガス中の飽和水蒸気量に対する比としての水量制御比を演算する水量制御比演算手段と、

該演算された水量制御比が所定範囲内となるよう前記燃料電池の運転を制御する運転制御手段と

を備えることを要旨とする。

【 0 0 0 7 】

この本発明の第 1 の燃料電池システムでは、水量制御比演算手段が、燃料電池で生成される生成水量の燃料電池の排ガス中の飽和水蒸気量に対する比としての水量制御比を演算し、運転制御手段が、この演算された水量制御比が所定範囲内

となるよう燃料電池の運転を制御する。こうした本発明の燃料電池システムによれば、水量制御比が所定範囲内となるように燃料電池を運転することにより、カソードガスやアノードガスを加湿することなく燃料電池を運転することができる。しかも、水量制御比は排ガスの温度のみに依存するものではないから、システムの始動時や過渡時でも対応することができる。ここで、「燃料電池の排ガス」には、カソード側の排ガスとアノード側の排ガスの双方が含まれる。

## 【 0 0 0 8 】

こうした本発明の第 1 の燃料電池システムにおいて、前記生成水量検出手段は、前記燃料電池の出力電流に基づいて前記生成水量を検出する手段であるものとすることもできる。また、本発明の第 1 の燃料電池システムにおいて、前記排ガス飽和水蒸気量検出手段は、前記排ガスの圧力を検出する排ガス圧力検出手段と、前記排ガスの温度を検出する排ガス温度検出手段と、前記排ガスの流量を検出する排ガス流量検出手段とを備え、該検出された排ガスの圧力と温度と流量とに基づく演算により前記排ガス中の飽和水蒸気量を検出する手段であるものとすることもできる。

## 【 0 0 0 9 】

本発明の第 2 の燃料電池システムは、  
固体高分子型の燃料電池システムであって、  
前記燃料電池の排ガスの相対湿度を検出する排ガス相対湿度検出手段と、  
該検出された相対湿度を水量制御比として所定範囲内となるよう前記燃料電池の運転を制御する運転制御手段と  
を備えることを要旨とする。

## 【 0 0 1 0 】

この本発明の第 2 の燃料電池システムでは、運転制御手段は、排ガス相対湿度検出手段により検出された燃料電池の排ガスの相対湿度を水量制御比として所定範囲内となるよう燃料電池の運転を制御する。こうした本発明の第 2 の燃料電池システムでは、排ガスの相対湿度を水量制御比として所定範囲内となるように燃料電池を運転することにより、カソードガスやアノードガスを加湿することなく燃料電池を運転することができる。しかも、排ガスの相対湿度は排ガスの温度の



みに依存するものではないから、システムの始動時や過渡時でも対応することができる。ここで、「燃料電池の排ガス」には、カソード側の排ガスとアノード側の排ガスの双方が含まれる。

#### 【 0 0 1 1 】

これら本発明の第 1 または第 2 の燃料電池システムにおいて、前記運転制御手段は前記水量制御比が前記所定範囲として値 1 を含む範囲内となるよう制御する手段であるものとしたり、前記運転制御手段は前記水量制御比が前記所定範囲として 0. 7 ~ 1. 4 の範囲内となるよう制御する手段であるものとしたり、あるいは、前記運転制御手段は前記水量制御比が値 1 となるよう制御する手段であるものとすることもできる。

#### 【 0 0 1 2 】

また、本発明の第 1 または第 2 の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池の運転状態として前記排ガスの流量、前記排ガスの圧力、前記排ガスの温度、前記燃料電池の出力電流の少なくとも一つの状態を変更する状態変更手段を備え、前記運転制御手段は、前記排ガスの流量、前記排ガスの圧力、前記排ガスの温度、前記燃料電池の出力電流の少なくとも一つの状態を変更して前記水量制御比が所定範囲内となるよう前記状態変更手段を制御する手段であるものとすることもできる。水量制御比は、排ガスの流量、排ガスの圧力、排ガスの温度、燃料電池の出力電流に依存するから、これらの少なくとも一つの状態を変更することにより水量制御比を制御することができ、カソードガスもアノードガスも加湿することなく燃料電池を運転することができる。

#### 【 0 0 1 3 】

本発明の第 3 の燃料電池システムは、  
固体高分子型の燃料電池システムであって、  
前記燃料電池で生成される生成水量を検出する生成水量検出手段と、  
前記燃料電池の排ガス中の水蒸気量を検出する排ガス水蒸気量検出手段と、  
前記生成水量検出手段により検出された生成水量と前記排ガス水蒸気量検出手段により検出された排ガス中の水蒸気量とに基づいてシステムの異常を判定する異常判定手段と

を備えることを要旨とする。

【 0 0 1 4 】

この本発明の第 3 の燃料電池システムでは、異常判定手段が、生成水量検出手段により検出された燃料電池で生成される生成水量と排ガス水蒸気量検出手段により検出された燃料電池の排ガス中の水蒸気量とに基づいてシステムの異常を判定する。この判定は、カソードガスもアノードガスも加湿せずに運転する場合には、生成水量と排ガス中の水蒸気量はほとんど等しくなることに基づく。こうした本発明の第 3 の燃料電池システムによれば、システムの異常を判定することができる。

【 0 0 1 5 】

こうした本発明の第 3 の燃料電池システムにおいて、前記異常判定手段は、前記検出された生成水量と前記排ガス中の水蒸気量との偏差が所定範囲内にないときに異常と判定する手段であるものとすることもできる。

【 0 0 1 6 】

また、本発明の第 3 の燃料電池システムにおいて、

前記異常判定手段が異常と判定したとき、警報を出力する警報出力手段を備えるものとすることもできる。こうすれば、操作者はシステムの異常を迅速に認識することができる。

【 0 0 1 7 】

本発明の第 1 の燃料電池の運転方法は、

固体高分子型の燃料電池の運転方法であって、

前記燃料電池で生成される生成水量の該燃料電池の排ガス中の飽和水蒸気量に対する比としての水量制御比が所定範囲内となるよう該燃料電池の運転を制御する

ことを要旨とする。

【 0 0 1 8 】

この本発明の燃料電池の運転方法によれば、カソードガスやアノードガスを加湿することなく燃料電池を運転することができる。しかも、水量制御比は排ガスの温度のみに依存するものではないから、システムの始動時や過渡時でも対応す

ることができる。ここで、「燃料電池の排ガス」には、カソード側の排ガスとアノード側の排ガスの双方が含まれる。

【0019】

本発明の第2の燃料電池の運転方法であって、  
固体高分子型の燃料電池の運転方法であって、  
前記燃料電池の排ガスの相対湿度を水量制御比として所定範囲内となるよう該燃料電池の運転を制御することを要旨とする。

【0020】

この本発明の第2の燃料電池の運転方法によれば、カソードガスやアノードガスを加湿することなく燃料電池を運転することができる。しかも、排ガスの相対湿度は排ガスの温度のみに依存するものではないから、システムの始動時や過渡時でも対応することができる。ここで、「燃料電池の排ガス」には、カソード側の排ガスとアノード側の排ガスの双方が含まれる。

【0021】

これら本発明の第1または第2の燃料電池の運転方法において、前記水量制御比が0.7～1.4の範囲内となるよう制御するものとしたり、前記水量制御比が値1となるよう制御するものとすることもできる。

【0022】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施の形態を実施例を用いて説明する。図1は、本発明の一実施例である燃料電池システム20の構成の概略を示す構成図である。実施例の燃料電池システム20は、図示するように、水素供給源22からの水素と酸素供給源24からの酸素とを燃料として発電する固体高分子型の燃料電池30と、この燃料電池30を冷却する冷却装置40と、燃料電池30からの電力により駆動する負荷54と、システム全体をコントロールする電子制御ユニット60とを備える。

【0023】

水素供給源22は、水素を含有する水素含有ガスを燃料電池30に供給可能な

供給源であり、例えば、水素が充填された水素タンクやメタノールを水蒸気改質により水素リッチガスを生成する改質器などが該当する。酸素供給源 24 は、酸素を含有する酸素含有ガスを燃料電池 30 に供給可能な供給源であり、例えば酸素含有ガスとして空気を供給するブローなどが該当する。なお、実施例の燃料電池システム 20 では、水素供給源 22 からの水素含有ガスや酸素供給源 24 からの酸素含有ガスを加湿する加湿装置は設けられていない。

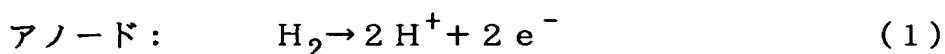
## 【0024】

燃料電池 30 は、単電池 31 を複数積層して構成される固体高分子型燃料電池である。図 2 に燃料電池 30 を構成する単電池 31 の構成の概略を示す。単電池 31 は、図示するように、フッ素系樹脂などの高分子材料により形成されたプロトン導電性の膜体である電解質膜 32 と、白金または白金と他の金属からなる合金の触媒が練り込められたカーボンプクロスにより形成され触媒が練り込められた面で電解質膜 32 を挟持してサンドイッチ構造を構成するガス拡散電極としてのアノード 33 およびカソード 34 と、このサンドイッチ構造を両側から挟みつつアノード 33 およびカソード 34 とで水素含有ガスや酸素含有ガスの流路 36, 37 を形成すると共に隣接する単電池 31 との間の隔壁をなす 2 つのセパレータ 35 とにより構成されている。なお、図示しないが、単電池 31 には、燃料電池 30 を冷却するための冷却媒体の流路も設けられている。

## 【0025】

燃料電池 30 への水素供給源 22 からの水素含有ガスの供給量と酸素供給源 24 からの酸素含有ガスの供給量は、流量制御バルブ 26, 27 によって調節できるようになっており、燃料電池 30 内のガス圧は、排ガス側に取り付けられたガス圧制御バルブ 28, 29 によって調節できるようになっている。こうして水素供給源 22 から水素含有ガスが流路 36 に供給されると共に酸素供給源 24 から水素含有ガスが流路 37 に供給されると、アノード 33 およびカソード 34 において次式 (1) および式 (2) に示す電極反応が行なわれ、化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換する。

## 【0026】



カソード：  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- + (1/2)\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$  (2)

【0027】

冷却装置40は、燃料電池30の単電池31に設けられた冷却媒体（例えば、水）の流路と接続されて冷却媒体を循環する循環流路42と、冷却媒体を循環流路42内で循環させる循環ポンプ44と、冷却媒体を外気で冷却する熱交換器46とを備え、燃料電池30で発生する熱を冷却媒体の介在により外気で冷却して燃料電池30の温度調節を行なえるようになっている。なお、燃料電池30の温度調節は、循環ポンプ44により循環させる冷却媒体の流量を調節することにより行なう。

【0028】

負荷54は、燃料電池30の出力端子と電流調節回路52を介して接続されており、燃料電池30により発電された電力により駆動する。なお、実施例では、負荷54としては、電動機などの駆動機器が含まれる他、二次電池なども含まれる。電流調節回路52は、負荷54に印加する電流を調節可能な回路であり、電子制御ユニット60からの制御信号によって電流値を変更する。

【0029】

電子制御ユニット60は、CPU62を中心とするマイクロプロセッサとして構成されており、CPU62の他に、処理プログラムを記憶したROM64と、一時的にデータを記憶するRAM66と、入出力ポート（図示せず）を備える。電子制御ユニット60には、燃料電池30のアノード33側の排ガス配管に設けられた流量計72、圧力計74、温度計76からのアノード側の排ガス流量 $Q_a$ 、排ガス圧力 $P_a$ 、排ガス温度 $T_a$ や、カソード34側の排ガス配管に設けられた流量計82、圧力計84、温度計86からのカソード側の排ガス流量 $Q_c$ 、排ガス圧力 $P_c$ 、排ガス温度 $T_c$ 、燃料電池30の出力端子に取り付けられた電流計56からの電流 $I$ などが入力ポートを介して入力されている。また、電子制御ユニット60からは、循環ポンプ44への駆動信号や流量制御バルブ26、27のアクチュエータ26a、27aへの駆動信号、ガス圧制御バルブ28、29のアクチュエータ28a、29aへの駆動信号、電流調節回路52への制御信号、インジケータ90への点灯信号などが出力ポートを介して出力されている。

## 【 0 0 3 0 】

次に、こうして構成された実施例の燃料電池システム 2 0 の動作、特に燃料電池 3 0 の運転動作について説明する。図 3 は、実施例の燃料電池システム 2 0 の電子制御ユニット 6 0 により実行される燃料電池 3 0 の運転制御ルーチンの一例を示すフローチャートである。このルーチンは、燃料電池 3 0 が始動されてから所定時間毎（例えば、1 0 0 m s e c 毎）に繰り返し実行される。

## 【 0 0 3 1 】

この運転制御ルーチンが実行されると、電子制御ユニット 6 0 の CPU 6 2 は、まず、流量計 7 2, 8 2 からの排ガス流量  $Q_a$ ,  $Q_c$  や圧力計 7 4, 8 4 からの排ガス圧力  $P_a$ ,  $P_c$ , 温度計 7 6, 8 6 からの排ガス温度  $T_a$ ,  $T_c$ , 電流計 5 6 からの電流  $I$  を読み込む処理を実行する（ステップ S 1 0 0）。そして、読み込んだ電流  $I$  に基づいて燃料電池 3 0 により単位時間あたりに生成される水の量、即ち生成水量  $Q_w$  を次式（3）により計算する（ステップ S 1 0 2）。ここで、式（3）中の「 $F$ 」はファラデー定数である。

## 【 0 0 3 2 】

【数 1】

$$Q_w = \frac{I}{2F} \quad \cdots \quad (3)$$

## 【 0 0 3 3 】

次に、読み込んだ排ガス温度  $T_a$ ,  $T_c$  を用いて次式（4）に基づいてアノード側およびカソード側の飽和蒸気圧  $P_{wa}$ ,  $P_{wc}$  を計算し（ステップ S 1 0 4）、得られた飽和蒸気圧  $P_{wa}$ ,  $P_{wc}$  と読み込んだ排ガス流量  $Q_a$ ,  $Q_c$  と排ガス圧力  $P_a$ ,  $P_c$  とを用いてアノード側およびカソード側の排ガス中の飽和水蒸気量  $Q_{wa}$ ,  $Q_{wc}$  を式（5）により計算する（ステップ S 1 0 6）。なお、式（4）中、 $P_w(a, c)$  は飽和蒸気圧としての  $P_{wa}$  または  $P_{wc}$  を示し、 $T(a, c)$  は排ガス温度としての  $T_a$  または  $T_c$  を示す。また、式（5）中、 $Q_w(a, c)$  は排ガス中の飽和水蒸気量としての  $Q_{wa}$  または  $Q_{wc}$  を示し、

$Q(a, c)$  は排ガス流量としての  $Q_a$  または  $Q_c$  を示す。

【0034】

【数2】

$$P_w(a, c) = 0.4552 - 0.0004757(T(a, c) - 160) - 0.000000685(T(a, c) - 160)^2 \dots (4)$$

$$Q_w(a, c) = \frac{P_w(a, c)}{P(a, c) - P_w(a, c)} \times Q(a, c) \dots (5)$$

【0035】

続いて、ステップ S102 で計算した生成水量  $Q_w$  とステップ S106 で計算したアノード側およびカソード側の排ガス中の飽和水蒸気量  $Q_{wa}$ ,  $Q_{wc}$  とにより次式 (6) により水量制御比  $t$  を計算すると共に (ステップ S108)、水量制御比  $t$  と値 1 との偏差  $\Delta t$  を計算する (ステップ S110)。そして、偏差  $\Delta t$  が打ち消される方向に燃料電池 30 を運転制御して (ステップ S112)、本ルーチンを終了する。水量制御比  $t$  と燃料電池 30 の運転との関係について以下に説明する。

【0036】

【数3】

$$t = \frac{Q_w}{Q_{wa} + Q_{wc}} \dots (6)$$

【0037】

図4は、燃料電池30の電流密度を一定値 ( $0.5 \text{ A/cm}^2$ ) としたときの水量制御比  $t$  と燃料電池30における発生電圧との関係の一例を示すグラフである。図中、No. 1 ~ No. 5 は、次表1の実験No. である。即ち、図4のグ

ラフは、表1の実験で得られたデータをポイントし、いずれの実験にも拘わらず、水量制御比 $t$ と燃料電池30の発生電圧とに所定の関係を見いだすことができるのを説明するものである。表1における各実験は、電解質膜32として厚み $30\mu\text{m}$ のイオン交換膜を用い、アノード33とカソード34とにそれぞれ $0.3\text{mg}/\text{cm}^2$ 、 $0.5\text{mg}/\text{cm}^2$ となるよう触媒量を調節したものをを用い、標注右欄の固定要因を設定した上で、各操作要因について適当な範囲内で操作し、30分経過したときにデータを採ることによって行なった。例えば、実験No. 1では、水素流量を $54\text{cc}/\text{min}$ 、運転温度 $80^\circ\text{C}$ 、ガス圧 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ で固定し、空気流量を $150\text{cc}/\text{min}$ から $420\text{cc}/\text{min}$ まで順次操作した。図4のグラフに示すように、実験No. 1では、水量制御比 $t$ が $0.4\sim 1.2$ の範囲で5ポイントのデータが得られている。実験No. 2～5についても同様である。

【0038】



【表 1】

実験No.	操作要因	固定要因
1	空気流量(150→420cc/min)	水素流量54cc/min 運転温度80℃ ゲージ圧1kg/cm <sup>2</sup>
2	水素流量(54→300cc/min)	空気流量150cc/min 運転温度80℃ ゲージ圧1kg/cm <sup>2</sup>
3	空気流量(400→1150cc/min)	水素流量54cc/min 運転温度60℃ ゲージ圧1kg/cm <sup>2</sup>
4	運転温度(60→80℃)(60→50℃)	水素流量54cc/min 空気流量420cc/min ゲージ圧1kg/cm <sup>2</sup>
5	空気流量(180→340cc/min)	水素流量54cc/min 運転温度80℃ ゲージ圧0.5kg/cm <sup>2</sup>

【0039】

図4のグラフに示すように、燃料電池30の運転状態を変化させても、水量制御比 $t$ と発生電圧との間に図4のグラフに示す関係が得られる。この関係のうち、水量制御比 $t$ が0.6以下の領域では、急激に燃料電池30の性能が低下する

。これは、水量制御比  $t$  の定義から考えると、電解質膜 3 2 の乾燥に起因すると思われる。一方、燃料電池 3 0 の性能は、水量制御比  $t$  が 1. 4 を超えると低下する。これは、電解質膜 3 2 の過湿によるものと考えられる。したがって、燃料電池 3 0 を水量制御比  $t$  が 0. 7 ~ 1. 4 の範囲内となるよう運転すれば、良好な電池性能を確保することができる。特に、燃料電池 3 0 を水量制御比  $t$  が値 1 となるよう運転すれば、燃料電池 3 0 をより高性能な運転状態として運転することができる。以上により、図 3 の運転制御ルーチンにおけるステップ S 1 1 0, S 1 1 2 で水量制御比  $t$  と値 1 との偏差  $\Delta t$  が打ち消される方向に燃料電池 3 0 を運転制御する理由を説明した。次に実際の運転制御について説明する。

【 0 0 4 0 】

いま、アノード側とカソード側を完全に同じ条件で運転するものと仮定すれば、即ち  $Q_a = Q_c$ ,  $P_a = P_c$ ,  $T_a = T_c$  と仮定すれば、 $P_{wa} = P_{wc}$  となるから、この仮定の下では、水量制御比  $t$  は、式 (6) に式 (3) と式 (5) を代入することにより式 (7) で表わされる。

【 0 0 4 1 】

【数 4】

$$t = \frac{I/2F \times (P_a + P_{wa})}{2 P_{wa} Q_a} \dots\dots (7)$$

【 0 0 4 2 】

この関係から排ガス圧力  $P_a$ , 飽和蒸気圧  $P_{wa}$ , 排ガス流量  $Q_a$  を固定すれば、水量制御比  $t$  は電流  $I$  に比例するから、図 5 に例示する水量制御比  $t$  と電流  $I$  との関係が得られる。また、電流  $I$ , 排ガス圧力  $P_a$ , 飽和蒸気圧  $P_{wa}$  を固定すれば、水量制御比  $t$  は排ガス流量  $Q_a$  に反比例するから、図 6 に例示する水量制御比  $t$  と排ガス流量  $Q_a$  との関係が得られる。同様に、電流  $I$ , 飽和蒸気圧  $P_{wa}$ , 排ガス流量  $Q_a$  を固定すれば、水量制御比  $t$  は排ガス圧力  $P_a$  に比例するから、図 7 に例示する水量制御比  $t$  と排ガス圧力  $P_a$  との関係が得られる。電

流  $I$  , 排ガス圧力  $P_a$  , 排ガス流量  $Q_a$  を固定すれば、水量制御比  $t$  は飽和蒸気圧  $P_{wa}$  に反比例する。飽和蒸気圧  $P_{wa}$  は排ガス温度  $T_a$  の 2 次の関数であるから、水量制御比  $t$  は排ガス温度  $T_a$  の 3 乗に反比例することになり、図 8 に例示する水量制御比  $t$  と排ガス温度  $T_a$  との関係が得られる。したがって、電流  $I$  , 排ガス圧力  $P_a$  , 排ガス流量  $Q_a$  , 排ガス温度  $T_a$  のいずれかを調節することにより水量制御比  $t$  を調節することができる。もちろん、電流  $I$  , 排ガス圧力  $P_a$  , 排ガス流量  $Q_a$  , 排ガス温度  $T_a$  の 2 つ以上を調節することによっても水量制御比  $t$  を調節することができる。これらの関係はアノード側とカソード側を完全に同じ条件で運転するものと仮定したときに成立するが、この関係の傾向はアノード側およびカソード側がそれぞれ単独でも成立する。

## 【 0 0 4 3 】

したがって、図 3 の運転制御ルーチンのステップ  $S_{112}$  における燃料電池 30 の運転制御は、電流  $I$  , 排ガス圧力  $P_a$  ,  $P_c$  , 排ガス流量  $Q_a$  ,  $Q_c$  , 排ガス温度  $T_a$  ,  $T_c$  の一つあるいは二つ以上を調節することによって行なうことができる。実際にどの要素を調節するかについては、燃料電池 30 の運転状態や負荷 54 の駆動状態によって定めればよい。例えば、負荷 54 に印加する電流  $I$  を変化させたくないときには、電流  $I$  以外の要素により調節すればよい。燃料電池 30 の始動時における制御では、図 9 に例示するように、排ガス温度  $T_a$  ,  $T_c$  の上昇に伴って水量制御比  $t$  が値 1 となるように電流  $I$  を調節すればよい。図 9 から解るように、この制御により燃料電池 30 はスムーズに始動している。

## 【 0 0 4 4 】

なお、各要素の調節は以下のように行なうことができる。電流  $I$  の調節は電流調節回路 52 により行なうことができ、排ガス圧力  $P_a$  ,  $P_c$  の調節はガス圧制御バルブ 28 , 29 の開度の調節により行なうことができる。また、排ガス流量  $Q_a$  ,  $Q_c$  の調節は流量制御バルブ 26 , 27 の開度の調節により行なうことができ、排ガス温度  $T_a$  ,  $T_c$  の調節は循環ポンプ 44 による冷却媒体の流量の調節により行なうことができる。したがって、燃料電池 30 の運転状態や負荷 54 の駆動状態に応じて電流調節回路 52 や流量制御バルブ 26 , 27 , ガス圧制御バルブ 28 , 29 , 循環ポンプ 44 を駆動制御すればよい。

## 【 0 0 4 5 】

以上説明した実施例の燃料電池システム 2 0 によれば、水量制御比  $t$  に基づいて水素含有ガスや酸素含有ガスを加湿することなく燃料電池 3 0 を良好な状態で運転制御することができる。即ち、水量制御比  $t$  を 0. 7 ~ 1. 4 の範囲内で制御し、好ましくは水量制御比  $t$  が値 1 となるよう制御することにより、燃料電池 3 0 を高性能な状態で運転することができる。

## 【 0 0 4 6 】

実施例の燃料電池システム 2 0 では、図 3 の運転制御ルーチンにおいて生成水量  $Q_w$  を計算し、飽和蒸気圧  $P_{wa}$ ,  $P_{wc}$  を計算し、排ガス中の飽和水蒸気量  $Q_{wa}$ ,  $Q_{wc}$  を計算し、更にこれらを用いて水量制御比  $t$  を計算するものとしたが、直ちに水量制御比  $t$  を計算するものとしてもよい。

## 【 0 0 4 7 】

実施例の燃料電池システム 2 0 では、水量制御比  $t$  と値 1 との偏差  $\Delta t$  が打ち消される方向に燃料電池 3 0 の運転を制御するものとしたが、水量制御比  $t$  が 0. 7 ~ 1. 4 の範囲内になるよう燃料電池 3 0 を運転制御するものとしてもよい。

## 【 0 0 4 8 】

次に、本発明の第 2 の実施例としての燃料電池システム 2 0 B について説明する。図 1 0 は、第 2 実施例の燃料電池システム 2 0 B の構成の概略を示す構成図である。第 2 実施例の燃料電池システム 2 0 B は、図示するように、アノード側およびカソード側の排ガスを加熱する加熱器 7 7, 8 7 を備える点、加熱された排ガスの温度  $T_{ha}$ ,  $T_{hc}$  を検出する温度計 7 8, 8 8 を備える点、加熱された排ガスの相対湿度  $\rho_{ha}$ ,  $\rho_{hc}$  を検出する湿度計 7 9, 8 9 を備える点を除いて第 1 実施例の燃料電池システム 2 0 と同一の構成をしている。説明の重複を省くために、第 2 実施例の燃料電池システム 2 0 B の構成のうち第 1 実施例の燃料電池システム 2 0 と同一の構成については、同一の符号を付し、その説明を省略する。なお、第 2 実施例の燃料電池システム 2 0 B が備える加熱器 7 7, 8 7 は、排ガス配管に取り付けられたリボンヒータとして構成されている。

## 【 0 0 4 9 】

こうして構成された第 2 実施例の燃料電池システム 2 0 B では、電子制御ユニット 6 0 により図 1 1 に例示する運転制御ルーチンが実行される。このルーチンが実行されると、電子制御ユニット 6 0 の CPU 6 2 は、まず、流量計 7 2, 8 2 からの排ガス流量  $Q_a$ ,  $Q_c$  や圧力計 7 4, 8 4 からの排ガス圧力  $P_a$ ,  $P_c$ , 温度計 7 6, 8 6 からの排ガス温度  $T_a$ ,  $T_c$ , 温度計 7 8, 8 8 からの加熱後の排ガス温度  $T_{ha}$ ,  $T_{hc}$ , 湿度計 7 9, 8 9 からの加熱後の排ガスの相対湿度  $\rho_{ha}$ ,  $\rho_{hc}$ , 電流計 5 6 からの電流  $I$  を読み込む処理を実行する（ステップ S 2 0 0）。そして、読み込んだ加熱後の排ガスの相対湿度  $\rho_{ha}$ ,  $\rho_{hc}$  を排ガス温度  $T_a$ ,  $T_c$  における相対湿度  $\rho_a$ ,  $\rho_c$  に変換する処理を行なう（ステップ S 2 0 2）。ここで、加熱器 7 1, 8 1 により排ガスを加熱して相対湿度  $\rho_{ha}$ ,  $\rho_{hc}$  を検出し、これらを排ガス温度  $T_a$ ,  $T_c$  における相対湿度  $\rho_a$ ,  $\rho_c$  に変換するのは、排ガス中の水量が飽和水蒸気量を超えて霧状になっている場合を検出するためである。即ち、加熱により霧状の水を気化して相対湿度として検出するためである。このため、変換された排ガス温度  $T_a$ ,  $T_c$  における相対湿度  $\rho_a$ ,  $\rho_c$  は 1 0 0 % を超える値となる場合もある。

#### 【 0 0 5 0 】

次に、変換した排ガス温度  $T_a$ ,  $T_c$  における相対湿度  $\rho_a$ ,  $\rho_c$  を水量制御比  $t$  に変換する（ステップ S 2 0 4）。いま、アノード側とカソード側が同じ条件で運転されており  $\rho_a = \rho_b$  が成立するときを考える。水素供給源 2 2 から供給される水素含有ガスや酸素供給源 2 4 から供給される酸素含有ガスを加湿装置により加湿しないときには、生成される水は排ガス中の水蒸気として排出されるから、生成水量  $Q_w$  は排ガス中の水蒸気量に等しくなる。相対湿度は排ガス中のその温度における飽和水蒸気量に対する水蒸気量であり、水量制御比  $t$  は排ガス中の飽和水蒸気量に対する生成水量  $Q_w$  であるから、無加湿運転の場合に生成水量  $Q_w$  と排ガス中の水蒸気量とが等しいことを考慮すると、水量制御比  $t$  は相対湿度に等しくなる。したがって、ステップ S 2 0 4 における相対湿度  $\rho_a$ ,  $\rho_c$  の水量制御比  $t$  への変換は、相対湿度  $\rho_a$ ,  $\rho_c$  を流量比で分配して加えればよい。即ち、次式（8）により計算すればよい。

#### 【 0 0 5 1 】

【数 5】

$$t = \frac{P_a Q_a + P_c Q_c}{Q_a + Q_c} \dots\dots (8)$$

【0 0 5 2】

水量制御比  $t$  を計算すると、水量制御比  $t$  と値 1 との偏差  $\Delta t$  を計算し（ステップ S 2 0 6）、偏差  $\Delta t$  が打ち消される方向に燃料電池 3 0 を運転制御して（ステップ S 2 0 8）、本ルーチンを終了する。偏差  $\Delta t$  が打ち消される方向に燃料電池 3 0 を運転制御する理由については前述した。

【0 0 5 3】

以上説明した第 2 実施例の燃料電池システム 2 0 B によれば、燃料電池 3 0 の排ガスの相対湿度に基づいて水素含有ガスや酸素含有ガスを加湿することなく燃料電池 3 0 を良好な状態で運転制御することができる。即ち、相対湿度を水量制御比  $t$  として 0. 7 ~ 1. 4 の範囲内で制御し、好ましくは水量制御比  $t$  が値 1（相対湿度が 1 0 0 %）となるよう制御することにより、燃料電池 3 0 を高性能な状態で運転することができる。

【0 0 5 4】

前述したように、水素含有ガスや酸素含有ガスを加湿することなく燃料電池 3 0 を運転するときには、生成水量  $Q_w$  と排ガス中の水蒸気量  $Q_g$  は等しくなる。したがって、生成水量  $Q_w$  と水蒸気量  $Q_g$  とを比較し、その大小によりシステムの異常を判定することもできる。図 1 2 に第 1 実施例の燃料電池システム 2 0 や第 2 実施例の燃料電池システム 2 0 B の電子制御ユニット 6 0 により実行される異常判定処理ルーチンの一例を示す。

【0 0 5 5】

この異常判定処理ルーチンが実行されると、電子制御ユニット 6 0 の CPU 6 2 は、まず、排ガス流量  $Q_a$ 、 $Q_c$  や排ガス圧力  $P_a$ 、 $P_c$ 、排ガス温度  $T_a$ 、 $T_c$ 、加熱後の排ガス温度  $T_{ha}$ 、 $T_{hc}$ 、加熱後の相対湿度  $\rho_{ha}$ 、 $\rho_{hc}$ 、電流  $I$  を読み込み（ステップ S 3 0 0）、生成水量  $Q_w$  を計算すると共に（ステ

ップ S 3 0 2), 水蒸気量  $Q_g$  を計算する (ステップ S 3 0 4)。そして、生成水量  $Q_w$  と水蒸気量  $Q_g$  と偏差  $\Delta Q$  を計算し (ステップ S 3 0 6)、偏差  $\Delta Q$  の絶対値を閾値  $Q_{ref}$  と比較する (ステップ S 3 0 8)。ここで、閾値  $Q_{ref}$  は生成水量  $Q_w$  と水蒸気量  $Q_g$  との偏差に対して許容できる範囲として設定されるものであり、燃料電池 3 0 の規模や種類などにより定められる。

#### 【0056】

偏差  $\Delta Q$  の絶対値が閾値  $Q_{ref}$  より大きいときには、異常と判定してインジケータ 9 0 を点灯し (ステップ S 3 1 0)、偏差  $\Delta Q$  の絶対値が閾値  $Q_{ref}$  以下のときには、異常なしと判断して本ルーチンを終了する。ここで、生成水量  $Q_w$  が水蒸気量  $Q_g$  より大きくて偏差  $\Delta Q$  の絶対値が閾値  $Q_{ref}$  より大きくなったときには、配管などから水漏れが生じていたり、計器類が破損している場合が多い。また、生成水量  $Q_w$  が水蒸気量  $Q_g$  より小さくて偏差  $\Delta Q$  の絶対値が閾値  $Q_{ref}$  より大きくなったときには、計器類が破損している場合が多い。実施例の異常判定処理ルーチンでは、こうした異常を判定し、異常と判定したときにはインジケータ 9 0 を点灯して運転者に異常を知らせるのである。このように実施例の異常判定処理ルーチンでは、生成水量  $Q_w$  と水蒸気量  $Q_g$  とに基づいてシステムの異常を判定することができる。しかも、異常のときにはインジケータ 9 0 を点灯するから、運転者はシステムの異常を迅速に知ることができる。

#### 【0057】

実施例の異常判定処理ルーチンでは、生成水量  $Q_w$  と水蒸気量  $Q_g$  の偏差  $\Delta Q$  の絶対値を閾値  $Q_{ref}$  と比較したが、偏差  $\Delta Q$  を正の値の閾値と負の値の閾値と比較するものとしてもよい。この場合、正の値の閾値の大きさと負の値の閾値の大きさは同じでなくても差し支えない。

#### 【0058】

以上、本発明の実施の形態について実施例を用いて説明したが、本発明はこうした実施例に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、種々なる形態で実施し得ることは勿論である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施例である燃料電池システム 2 0 の構成の概略を示

す構成図である。

【図 2】 燃料電池 3 0 を構成する単電池 3 1 の構成の概略を例示する構成図である。

【図 3】 実施例の燃料電池システム 2 0 の電子制御ユニット 6 0 により実行される燃料電池 3 0 の運転制御ルーチンの一例を示すフローチャートである。

【図 4】 燃料電池 3 0 の電流密度を一定値 ( $0.5 \text{ A/cm}^2$ ) としたときの水量制御比  $t$  と燃料電池 3 0 における発生電圧との関係の一例を示すグラフである。

【図 5】 排ガス圧力  $P_a$  , 飽和蒸気圧  $P_{wa}$  , 排ガス流量  $Q_a$  を固定したときの水量制御比  $t$  と電流  $I$  との関係の一例を示すグラフである。

【図 6】 電流  $I$  , 排ガス圧力  $P_a$  , 飽和蒸気圧  $P_{wa}$  を固定したときの水量制御比  $t$  と排ガス流量  $Q_a$  との関係の一例を示すグラフである。

【図 7】 電流  $I$  , 飽和蒸気圧  $P_{wa}$  , 排ガス流量  $Q_a$  を固定したときの水量制御比  $t$  と排ガス圧力  $P_a$  との関係の一例を示すグラフである。

【図 8】 電流  $I$  , 排ガス圧力  $P_a$  , 排ガス流量  $Q_a$  を固定したときの水量制御比  $t$  と排ガス温度  $T_a$  との関係の一例を示すグラフである。

【図 9】 水量制御比  $t$  を値 1 に保持した状態で燃料電池 3 0 を始動したときの電流密度と発生電圧との関係の一例を示す説明図である。

【図 1 0】 第 2 実施例の燃料電池システム 2 0 B の構成の概略を示す構成図である。

【図 1 1】 第 2 実施例の燃料電池システム 2 0 B の電子制御ユニット 6 0 により実行される燃料電池 3 0 の運転制御ルーチンの一例を示すフローチャートである。

【図 1 2】 第 1 実施例の燃料電池システム 2 0 や第 2 実施例の燃料電池システム 2 0 B の電子制御ユニット 6 0 により実行される異常判定処理ルーチンの一例を示すフローチャートである。

【符号の説明】

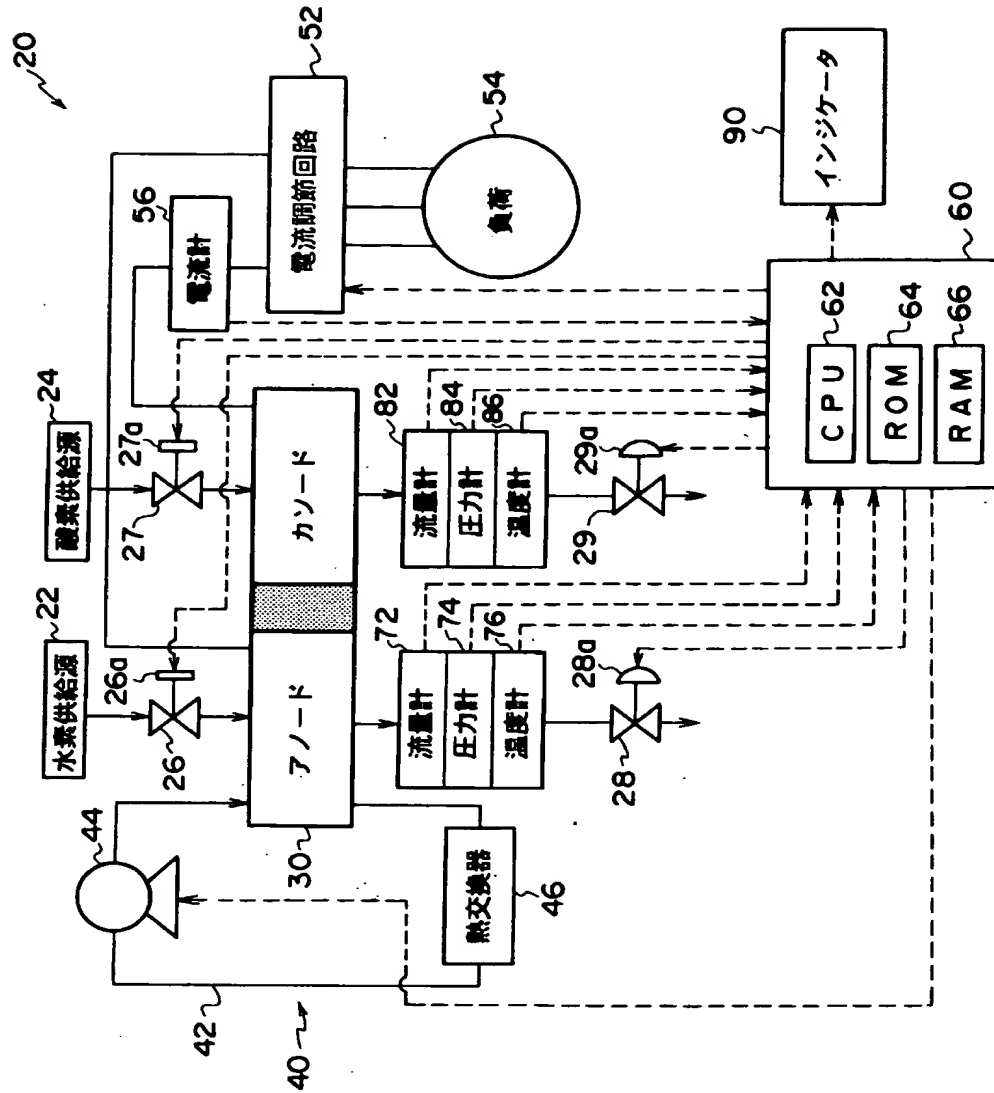
2 0 , 2 0 B 燃料電池システム、2 2 水素供給源、2 4 酸素供給源、2 6 , 2 7 流量制御バルブ、2 6 a , 2 7 a アクチュエータ、2 8 , 2 9 ガ



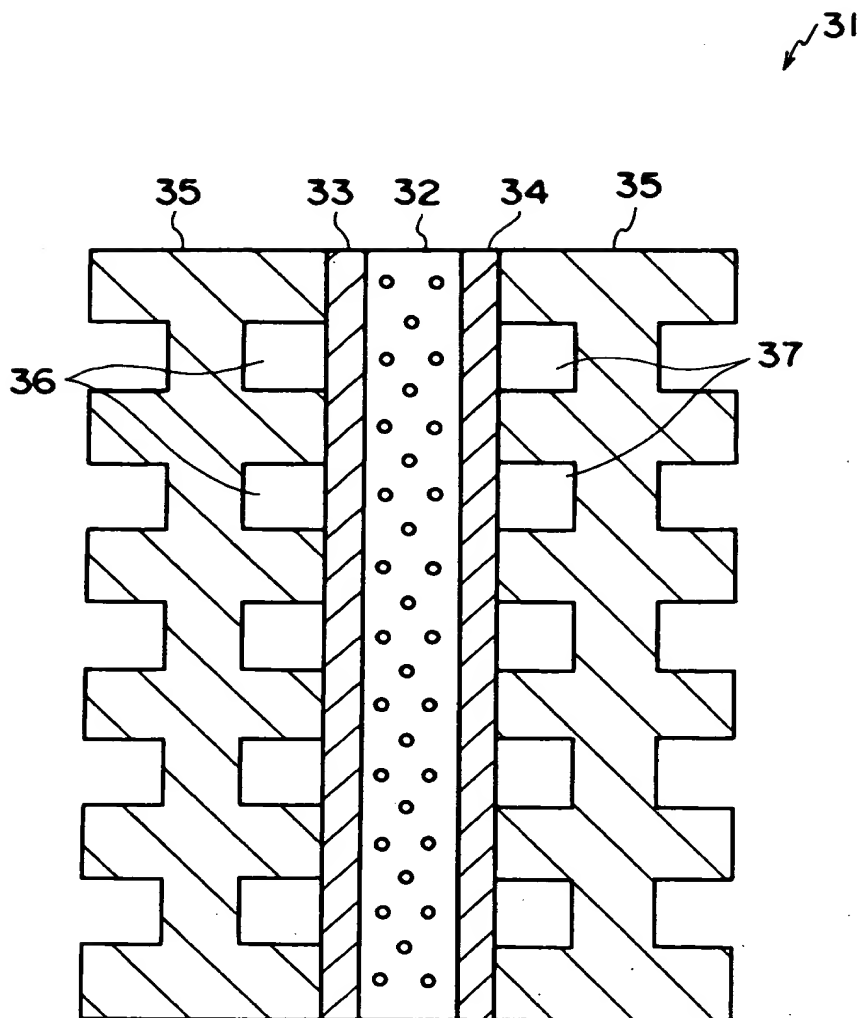
ス圧制御バルブ、28a, 29a アクチュエータ、30 燃料電池、31 単電池、32 電解質膜、33 アノード、34 カソード、35 セパレータ、36, 37 流路、40 冷却装置、42 循環流路、44 循環ポンプ、46 熱交換器、52 電流調節回路、54 負荷、56 電流計、60 電子制御ユニット、62 CPU、64 ROM、66 RAM、72, 82 流量計、74, 84 圧力計、76, 86 温度計、77, 87 加熱器、78, 88 温度計、79, 89 湿度計、90 インジケータ。

【書類名】 図面

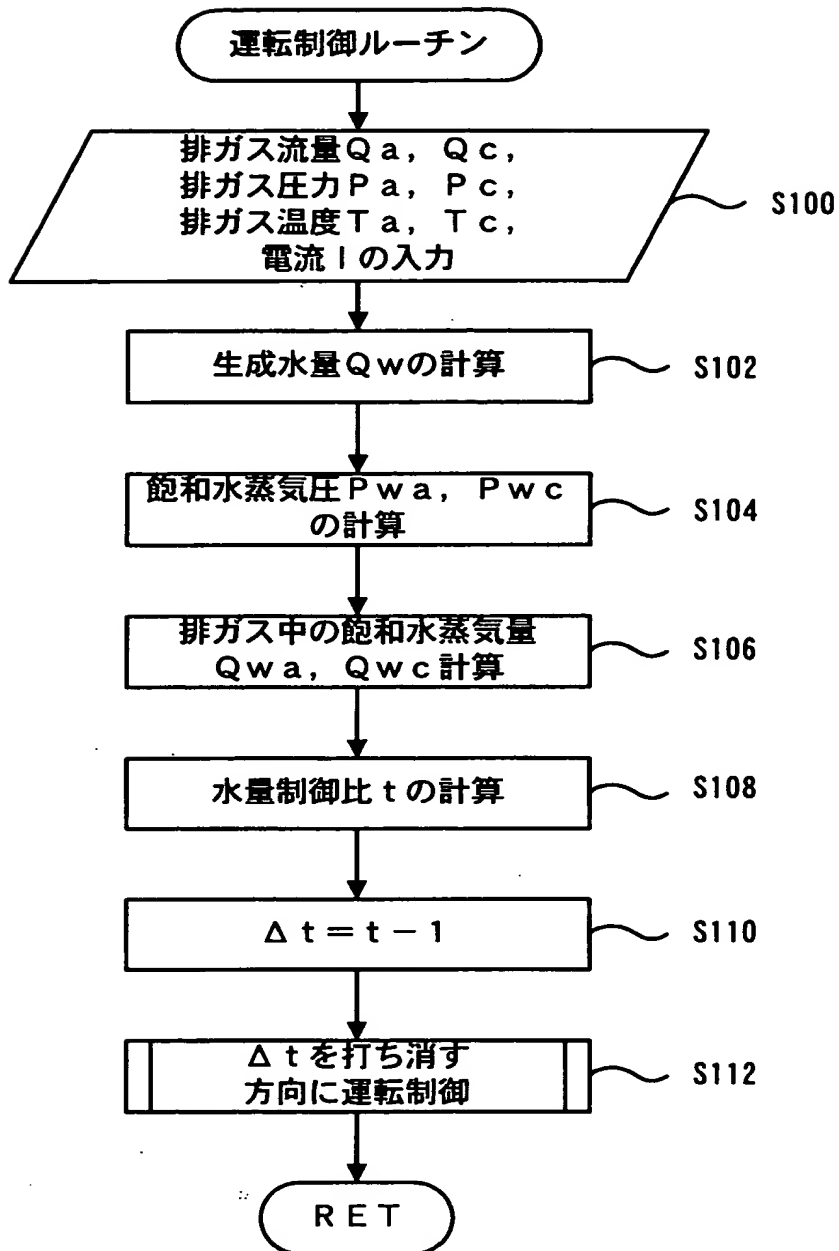
【図 1】



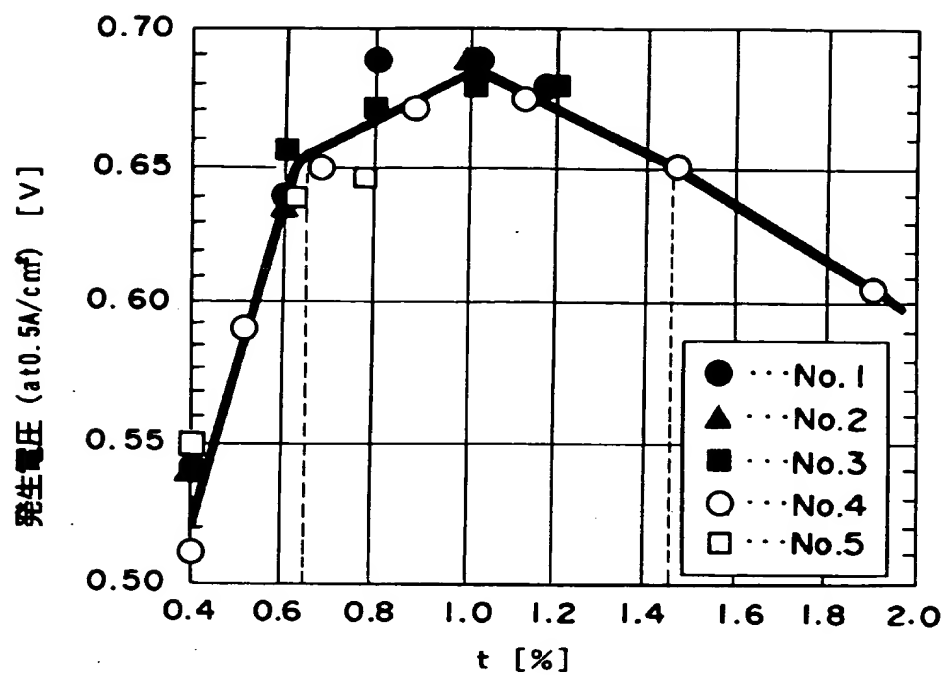
【図2】



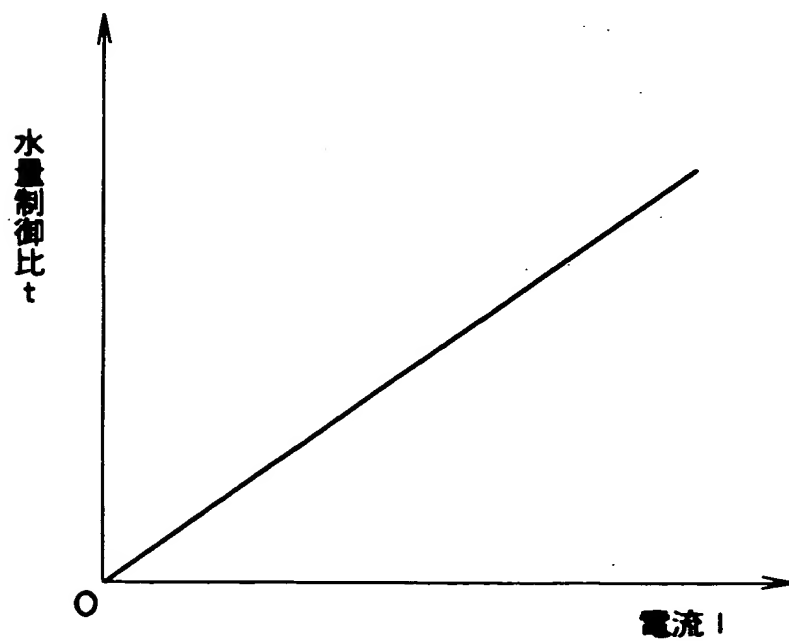
【図 3】



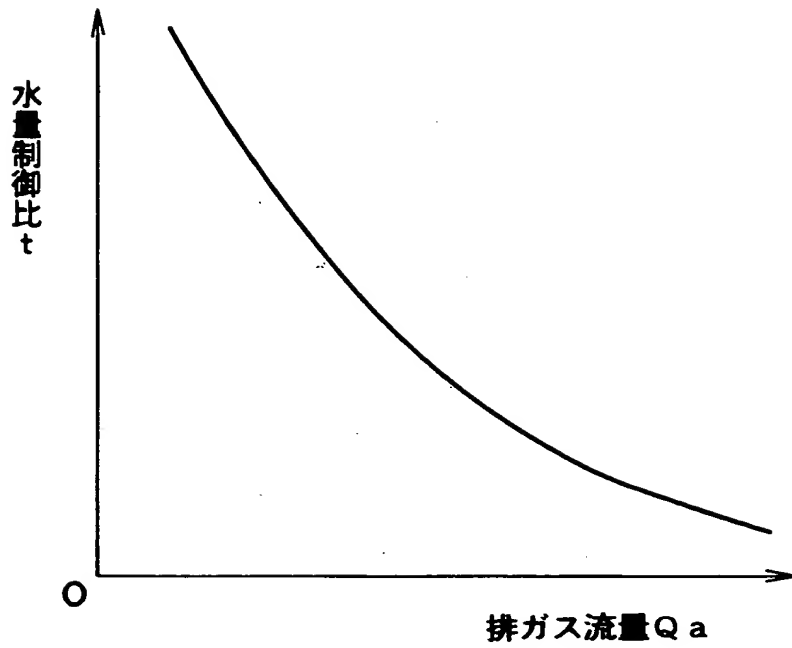
【図 4】



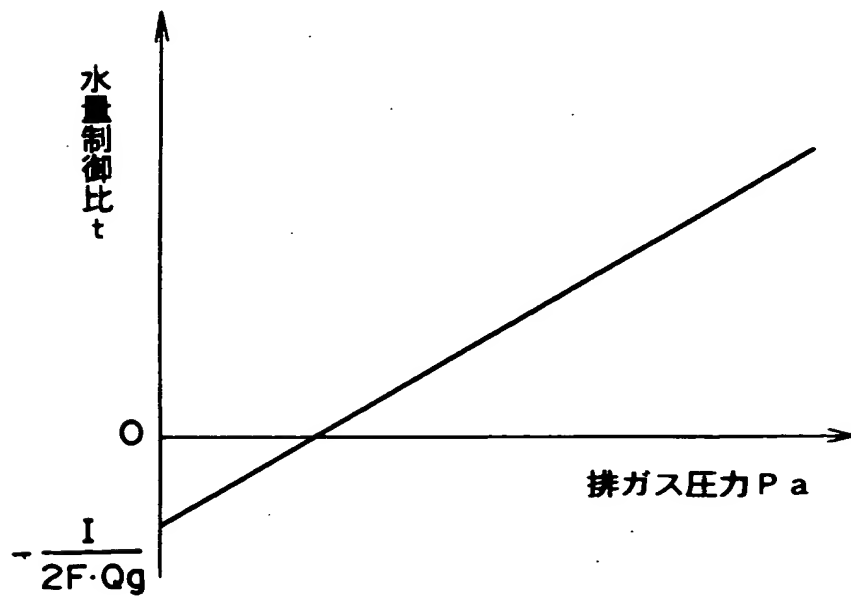
【図 5】



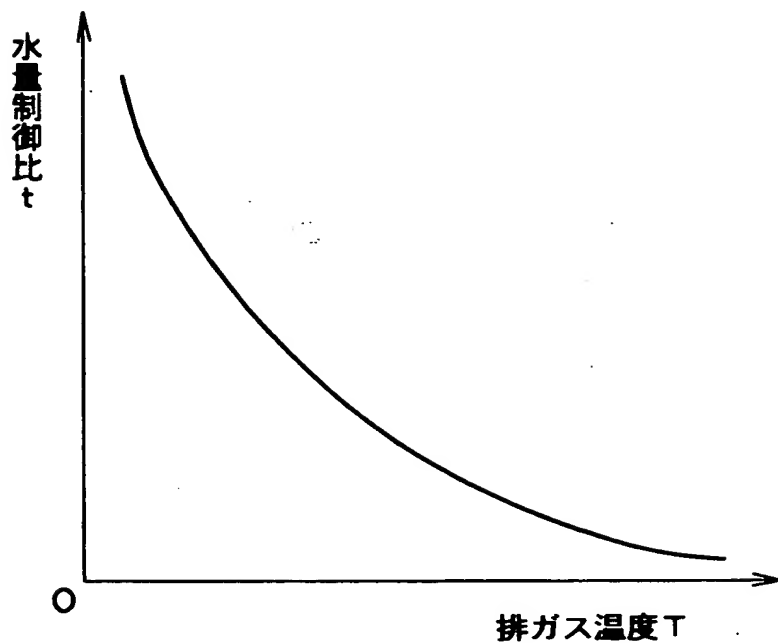
【図 6】



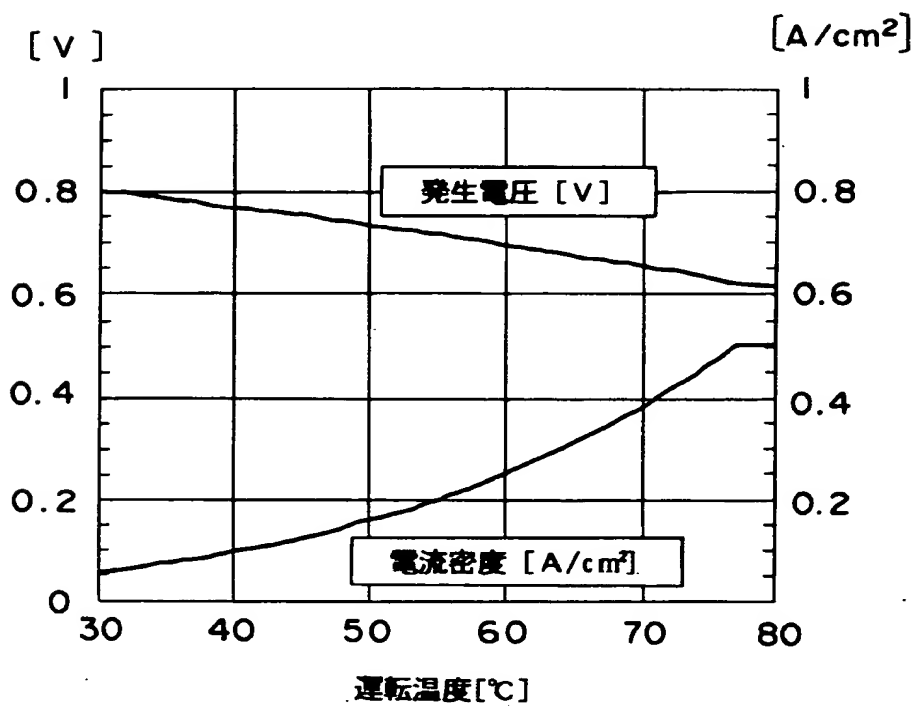
【図 7】



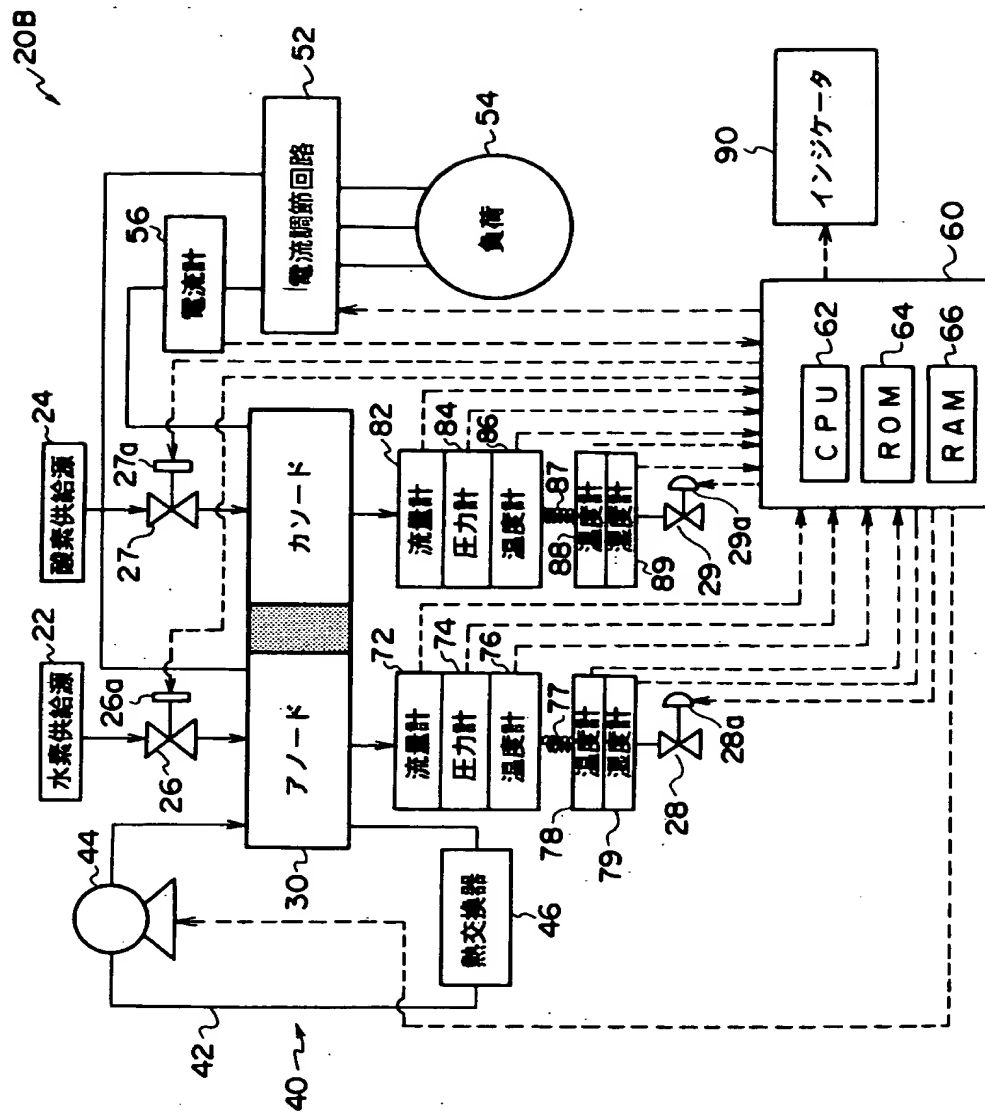
【図 8】



【図 9】

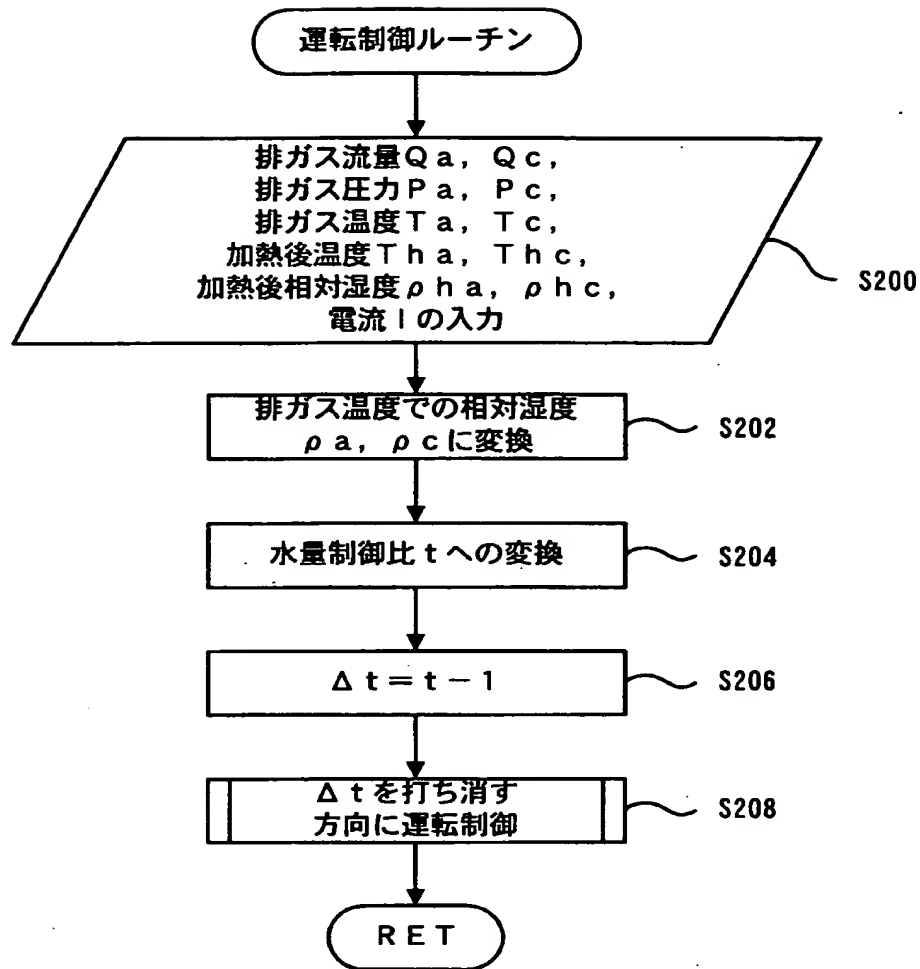


【図 10】

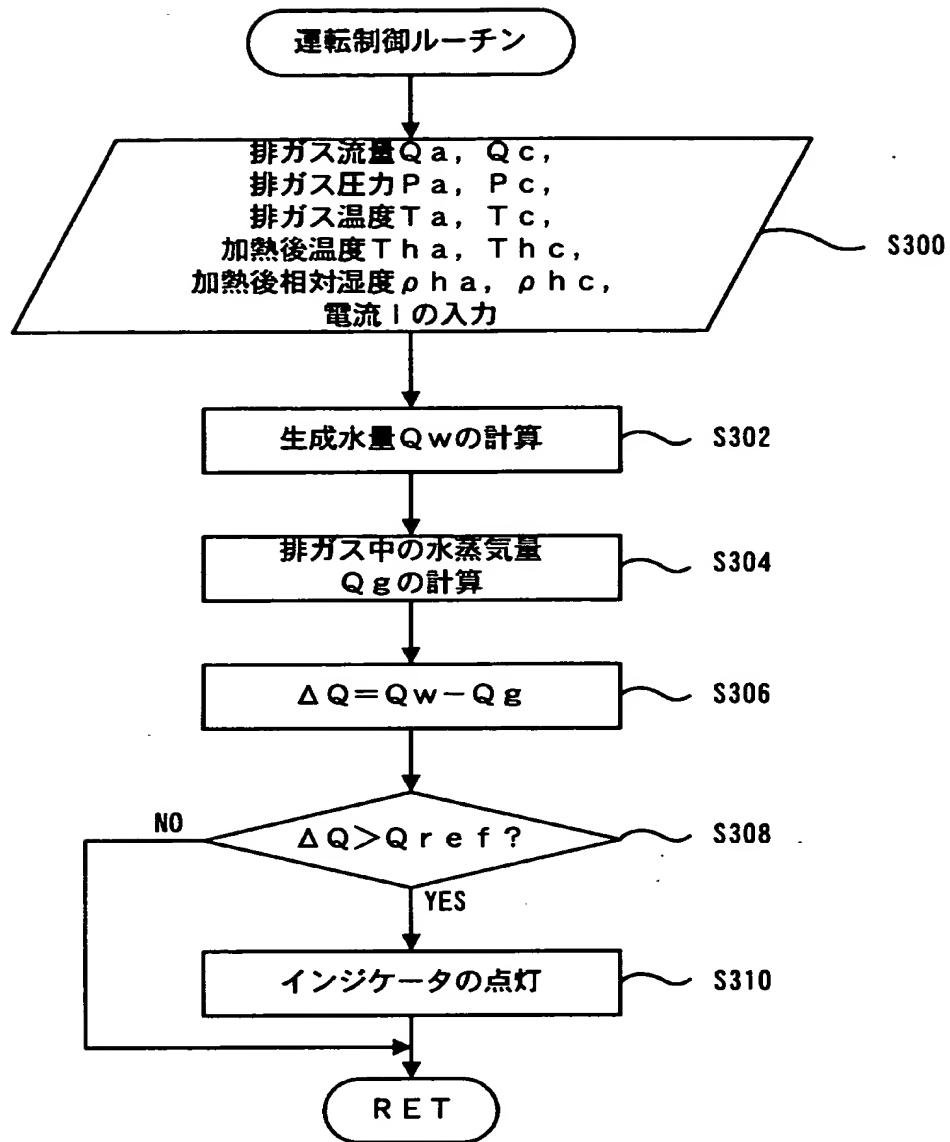




【図 11】



【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 アノード側およびカソード側のガスを加湿することなく燃料電池を良好に運転する。

【解決手段】 燃料電池 3 0 の出力電流  $I$  から燃料電池 3 0 で生成される生成水量  $Q_w$  を計算すると共に (S 1 0 2)、アノード側およびカソード側の排ガスの流量  $Q_a$ ,  $Q_c$  や圧力  $P_a$ ,  $P_c$ , 温度  $T_a$ ,  $T_c$  に基づいて排ガス中の飽和水蒸気量  $Q_{wa}$ ,  $Q_{wc}$  を計算する (S 1 0 6)。そして、水量制御比  $t$  を  $t = Q_w / (Q_{wa} + Q_{wc})$  で定義し (S 1 0 8)、水量制御比  $t$  と値 1 との偏差  $\Delta t$  が打ち消される方向にアノード側およびカソード側の排ガスの流量  $Q_a$ ,  $Q_c$  や圧力  $P_a$ ,  $P_c$ , 温度  $T_a$ ,  $T_c$ , 電流  $I$  を調節することにより燃料電池 3 0 の運転を制御する (S 1 1 2)。この制御により、アノード側およびカソード側のガスを加湿することなく燃料電池を良好に運転することができる。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 3 2 0 7 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 7 日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県豊田市トヨタ町1番地
氏 名	トヨタ自動車株式会社